

文章编号: 0559-9350(2008)05-0596-08

长江中下游地区旱涝异常的水汽输送结构特征及其变化趋势

施小英^{1,2}, 徐祥德¹, 王浩³, 秦大庸³

(1. 中国气象科学研究院 灾害天气国家重点实验室, 北京 100081;

2. 中国科学院 研究生院, 北京 100039; 3. 中国水利水电科学研究院 水资源研究所, 北京 100044)

摘要: 本文采用箱格网整层水汽净收支及其边界流定量综合分析技术方案, 分析了长江中下游旱涝过程中低纬间水汽输送结构特征及其年代际变化趋势。发现了中低纬西太平洋—南海区域存在副高变化显著区, 且该区 500hPa 高度年际变化与东亚夏季风的强弱和中低纬间整层水汽输送结构特征以及长江中下游夏季降水密切相关。对东亚夏季风在中低纬关键区“箱格网”整层水汽输送收支距平状况的分析, 发现长江中下游涝年夏季中低纬间呈反气旋式而旱年呈气旋式水汽输送“相关链”结构, 副高变化显著区 500hPa 高度距平序列与整层水汽输送的合成相关矢亦描述了上述长江中下游洪涝异常中低纬间水汽输送反气旋式“相关链”图像。研究还表明 20 世纪 80~90 年代东亚夏季风减弱背景下, 中低纬间反气旋式水汽输送“相关链”特征增强趋势显著, 其与中国东部夏季降水年代际变化趋势吻合。

关键词: 旱; 洪涝; 亚热带高压; 变化; 水汽输送; 长江中下游

中图分类号: P339

文献标识码: A

长江流域是我国人口最密集的地区, 也是我国工、农业生产中心。但长江流域夏季洪水发生频率高, 并与东亚夏季风有密切的关系, 严重的洪涝灾害多是由东亚夏季风活动异常造成的^[1]。因此, 搞清楚东亚季风水汽输送的规律, 改进和提高季风期降水和旱涝预报, 具有重要的经济和学术价值。

关于中国东部地区夏季气候变化与亚洲夏季风变异关系问题已有大量的研究。张庆云等^[2]的研究发现, 东亚夏季风偏弱是夏季江淮流域暴雨洪涝灾害发生的气候背景。黄荣辉等^[3]也认为 1998 年东亚夏季风偏弱, 从而有利于长江流域多雨, 形成严重洪涝。王东兴等^[4]的研究指出, 强、弱东亚夏季风其经向环流有明显的不同, 东亚夏季风强, 其经向环流强, 而东亚夏季风弱, 其经向环流弱, 因此夏季风的强、弱可以影响中国东部夏季降水的分布。王会军^[5]对强弱东亚季风进行了合成分析, 指出强季风年, 夏季经向环流性强而春季则纬向性强。

西太平洋副热带高压是东亚季风系统的主要成员, 副热带高压的季节性移动与东亚季风及季风雨带有着密切的关系。吴国雄等^[6]的研究指出副热带高压脊的南北位移与西伸东退必将影响其西南侧的东南气流及转向的西南气流的强弱及印度季风和南海季风的并入, 从而影响副热带夏季季风的的活动, 进一步影响我国东部长江中下游流域等地区的降水。陶诗言等^[7]对副热带高压的研究表明, 强夏季风年, 西太平洋副热带高压分裂成两个中心, 脊线位于 30°N 以北; 弱季风年, 副热带高压表现为从太平洋中部高压中心向西伸展的高压脊, 脊线位于 30°N 以南。陶诗言等^[8]的研究还表明, 东亚季风系统成员在东亚的分布偏北或偏南会引起我国江淮流域、朝鲜半岛和日本的干旱或洪涝。吴国雄等^[6]研究提出夏季当西太平洋副高脊线偏北(南)时, 西太平洋热带地区矢量风距平呈气旋性(反气旋性)环流, 中纬度地区矢量风距平呈反气旋性(气旋性)环流。上述矢量风距平场的分布, 造成东亚热带夏季风环流加强(减

收稿日期: 2007-02-07

基金项目: 国家自然科学基金项目(90502003); 国家科技部社会公益项目(2005DIB3J057)和重点国际合作项目 2007DFB20210 共同资助

作者简介: 施小英(1976-), 女, 广西南宁人, 博士, 主要从事大气水分循环研究。E-mail: sxy@cams.cma.gov.cn

弱),梅雨带减弱(加强)。这说明东亚热带夏季风与梅雨锋强度呈翘翘板式的变化,是受西太平洋副高脊线位置南北变化的影响。

上述文献研究结论表明,副热带高压脊线南北摆动的年际变化特征导致西太平洋中、低纬度南北向呈反向“偶极型”环流的年际变化,即副高偏南(北)时,低纬风矢量距平呈反气旋(气旋)流型,中纬则呈气旋(反气旋)流型。显然,此类中低纬“偶极型”流型反向的距平场年际变化是长江流域干旱或洪涝异常灾害形成的重要环流因素之一,且对应东亚夏季风弱(强)的背景特征。本文将寻找上述副高南北摆动构成的副高变化显著区,并重点考虑长江中下游旱涝异常过程自低纬海洋向中纬水汽输送通道异常特征。有关文献[9,10]对于中低纬水汽输送通道及其源、汇结构已给出具有学术价值的定性分析结论,本文将通过“箱格式”网状结构的定量计算探讨有关季风强度不同背景下中低纬间水汽输送结构特征,并进一步认识在东亚季风年代际变化趋势特征背景下,中低纬关键区水汽输送结构的变化趋势。

1 资料和方法

本文采用 1951~2000 年 3~8 月 NCEP/NCAR 再分析资料全球 2.5°×2.5 逐日风场、水汽和地面气压资料。

根据季风水汽输送特征选取中低纬(A—H 区)箱格结构计算域(图 1),即 A 区—高原南侧(22.5°~35°N,87.5°~97.5°E)、B 区—高原东侧(22.5°~35°N,97.5°~110°E)、C 区—长江中下游流域(22.5°~35°N,110°~120°E)、D 区—东海地区(22.5°~35°N,120°~130°E)、E 区—孟加拉湾地区(10°~22.5°N,87.5°~97.5°E)、F 区—中南半岛(10°~22.5°N,97.5°~110°E)、G 区—南海地区(10°~22.5°N,110°~120°E)、H 区—低纬西太平洋地区(10°~22.5°N,120°~130°E)分析东亚夏季风强、弱年箱格网结构内水汽收支状况及其流型特征,以揭示长江中下游旱、涝年水汽输送结构特征,从而探讨有利中国东部夏季旱涝预测的水汽输送异常信号。

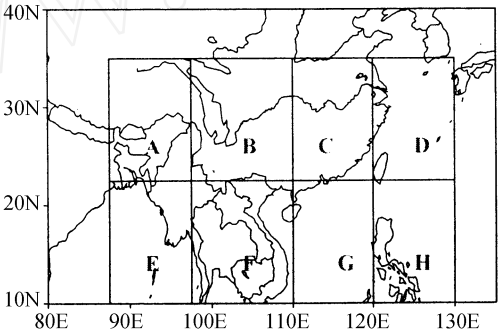


图 1 中低纬间整层水汽收支箱格网结构示意图

从地表面(P_S)到 300 hpa 厚度的整层纬向水汽输送(Q_u)、经向水汽输送(Q_v)的计算方法如下^[11]:

$$\begin{aligned} Q_u(x, y, t) &= \frac{1}{g} \int_{300}^{P_S} q(x, y, p, t) u(x, y, p, t) dp \\ Q_v(x, y, t) &= \frac{1}{g} \int_{300}^{P_S} q(x, y, p, t) v(x, y, p, t) dp \end{aligned} \tag{1}$$

式中: P_S 为地面气压; q 为比湿; u 为纬向风; v 为经向风; g 为重力加速度。

各区域边界水汽输送的计算方法为:

$$\begin{aligned} Q_W &= \sum_{y=\varphi_1}^{\varphi_2} Q_u(\lambda_1, y, t); \quad Q_E = \sum_{y=\varphi_1}^{\varphi_2} Q_u(\lambda_2, y, t); \\ Q_S &= \sum_{x=\lambda_1}^{\lambda_2} Q_v(x, \varphi_1, t); \quad Q_N = \sum_{x=\lambda_1}^{\lambda_2} Q_v(x, \varphi_2, t); \quad Q_T = Q_W - Q_E + Q_S - Q_N \end{aligned} \tag{2}$$

式中： Q_W, Q_E, Q_S, Q_N 分别为西、东、南、北 4 个边界水汽收支； Q_T 为区域边界水汽总收支； $\varphi_1, \varphi_2, \lambda_1, \lambda_2$ 分别为各边界对应的纬度和经度。

2 夏季长江中下游旱涝过程副高变化显著区特征

西太平洋副热带高压作为东亚季风环流系统中最重要的一员,其强度和位置的异常对东亚夏季风及中国东部雨带的进退有着决定性的影响。本文试图寻找与长江中下游旱涝密切相关的中低纬间水汽流型及副高进退对水汽输送结构的影响效应,根据文献[9]选取长江中下游典型旱(1961,1966,1967,1978,1985)、涝(1969,1980,1983,1991,1993,1998)年进行合成分析,并求取长江中下游涝年与旱年夏季500hPa高度差值场(图2)。

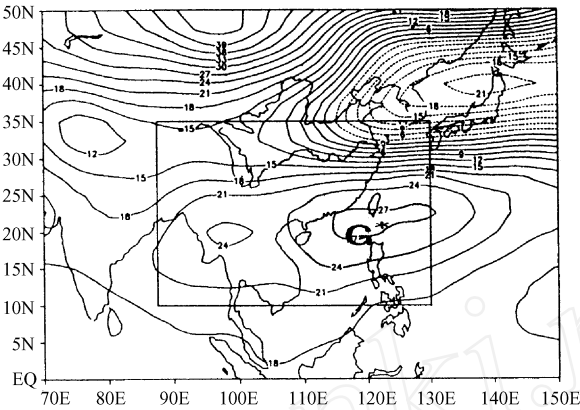


图2 长江中下游典型旱、涝年合成夏季500hPa高度场的差值(单位:gpm),G*为影响长江中下游旱涝异常副高变化显著区

由图2可见,长江中下游旱、涝年东亚500hPa高度差值场特征显著,在中低纬西太平洋-南海地区呈东西向带状分布的正偏差高值区;中纬中国东部与日本海地区则呈东西向负偏差高值区,两者亦呈南北向“偶极型”环流状分布。

进一步求取图2中长江中下游涝年与旱年500hPa高度场正偏差高值区(G*区)夏季高度年际变化序列,并将该序列分别与夏季标准化的海陆热力差异指数(取自文献[12])、长江中下游夏季降水年际变化序列进行分析对比(图3(a)、(b))。由图3可见,G*区500hPa高度与海陆热力差异指数呈明显反位相变化特征,两者的相关系数达-0.6394,超过0.001的信度检验;而与长江中下游夏季降水呈显著同位相变化特征,且两条曲线年际变化趋势相似,均呈显著上升趋势,其相关系数达0.6168,超过0.001的信度检验。上述计算结果表明了G*区高度变化与东亚夏季风强弱及长江中下游旱涝异常关系密切。因此本文将图2中的阴影区域(G*区)称为影响东亚季风强弱及长江中下游旱涝异常的副高变化显著区。

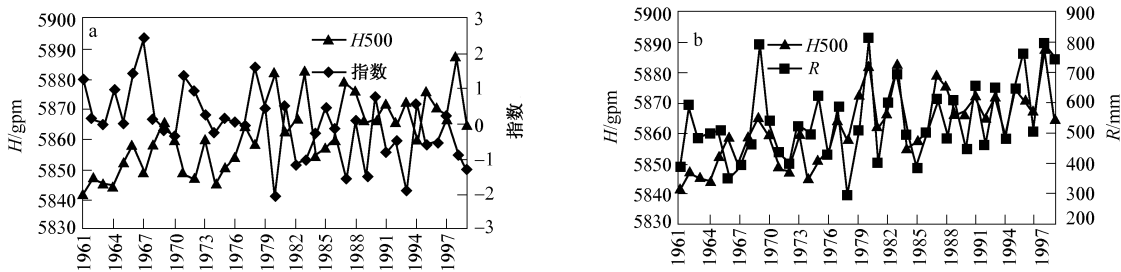


图3 夏季副高变化显著区(G*)500hPa高度与夏季标准化的海陆热力差异指数(a)、长江中下游地区夏季降水量(b)的年际变化

为了进一步探讨副高变化显著区夏季500hPa高度年际变化与东亚季风水汽输送的关系,图4给出了G*区夏季500hPa高度距平年际变化序列与东亚夏季水汽输送通量分量(Q_u, Q_v)的相关合成矢量

场。由图 4 可见,在 30°N 以南低纬西太平洋、南海、孟加拉湾、青藏高原东南呈反气旋式的水汽输送主体路径相关矢,而 30°N 以北东部地区则呈较偏东的气旋式水汽输送相关矢主体路径分布。图 4 中上述长江中下游流域南北两侧反向“偶极型”水汽流相关矢量场分布类似于吴国雄等^[6]提出的副高脊线南北两侧互为反向的环流特征,此类整层水汽输送结构亦有利于中低纬间水汽流在长江中下游流域交汇。上述相关矢计算结果表明长江中下游旱涝过程副高变化显著区(G^+ 区)高度的变化起了中低纬间水汽输送“驱动”效应作用。

图 5 给出了副高变化显著区夏季 500hPa 高度距平序列与东亚地区夏季水汽输送纬向分量年际变化的相关分布场。由图 5 可发现,在副高变化显著区(G^+ 区)两侧中、低纬为带状分布的显著正、负相关区,即中纬青藏高原东南—长江中下游—东海地区为正相关显著带状区域,而低纬西太平洋—南海地区为负相关显著带状区域。上述分析表明,副高偏南(北)即 G^+ 区 500hPa 高度呈正(负)距平,中纬区域青藏高原—长江中下游—东海地区偏西水汽流强(弱);低纬区域西太平洋—南海—中南半岛—孟加拉湾地区则偏东水汽流强(弱)(如图 5 虚线箭头所示)。

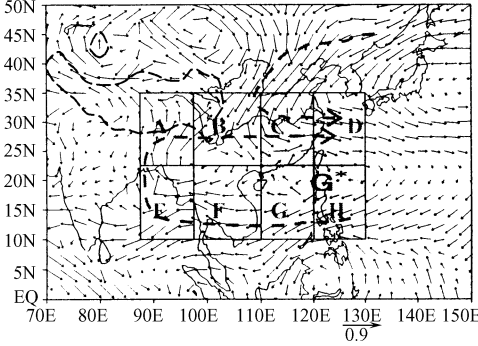


图 4 副高变化显著区(G^+ 区,即阴影部分)夏季 500hPa 高度距平与整层水汽输送相关合成矢量场

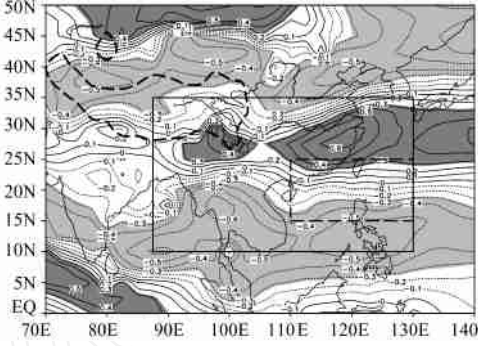


图 5 副高变化显著区(G^+)夏季 500hPa 高度距平与整层纬向水汽输送分量年际变化相关场,阴影区为超过 0.05 信度检验的区域(其中深色阴影为正相关区,浅色阴影为负相关区),箭头为纬向水汽输送(Q_u)正、负高值区流向特征

3 东亚夏季风异常与中低纬间水汽输送结构特征

为了进一步探讨东亚夏季风变化与中低纬间水汽输送结构相关问题,根据文献[12]选取典型强季风年(1961,1964,1966,1967,1971,1972,1978,1981,1990,1994 年)、典型弱季风年(1980,1982,1983,1987,1989,1991,1993,1995,1996,1998,1999 年)进行合成分析。张庆云等^[13]的研究还指出东亚季风指数偏强年,长江流域降水都相对偏少,平均比正常年偏少 20%左右,季风指数偏弱年,长江流域降水都相对偏多,平均比正常年偏多 30%左右。孙秀荣等^[12]指出,在 1961~2000 年间所发生的 12 次严重洪涝年,有 9 次(1980,1983,1989,1991,1993,1995,1996,1998,1999 年)发生在弱季风指数年,只有 3 次(1969,1977,1962 年)发生在正常年份;而 5 次严重干旱年,有 4 次(1961,1966,1967,1978 年)发生在强季风指数年,1 次(1985 年)发生在正常年份。本文计算了东亚夏季风指数(即文献[12]中的海陆热力差异指数)与长江中下游夏季降水距平的年际变化(图略),两者呈显著反位相变化特征,其相关系数高达 -0.7689,远远超过 0.001 的信度检验。上述的分析表明,东亚夏季风强弱年对长江中下游夏季旱涝年份有很好的指示意义。

图 6a、b 为东亚夏季风弱、强年夏季合成中低纬间箱格网区域各侧边界整层水汽收支及各箱格区净收支距平分布结构。对比图 6a、b 可发现,弱(强)季风年份中纬纬向水汽输送在高原—长江流域—东海(A、B、C、D 区)各“箱格”东西向侧边界水气流均为正距平(负距平)的特征,低纬西太平洋—南海—中南半岛—孟加拉湾(E、F、G、H 区)各“箱格”东西向侧边界水气流则为负距平(正距平)的特征,且在青藏高原

原南侧与孟加拉湾(A、E区)南北向侧边界水气流呈正(负)距平;上述箱格间整层水汽流合成距平矢量(如图6c、d所示)路径可表明东亚夏季风弱(强)年中低纬间水汽输送结构呈反气旋(气旋)式流型特征,且长江中下游北侧中高纬间水汽输送矢量合成路径呈相反流型。由图6a、b中亦可见,东亚夏季风弱(强)年,长江中下游地区(C区)为水汽收支正(负)距平,即该区域距平水汽输送的汇合(发散)区,这表明有利(不利)于长江中下游梅雨的维持。上结论揭示了弱季风年中低纬间整层水汽收支箱格间侧边界水汽输送合成路径为低纬西太平洋—南海—孟加拉湾—青藏高原南侧—长江中下游—东海水气流“反气旋”式“相关链”结构(图6a中的虚线箭头所示),强季风年则相反,箱格间水汽输送矢量合成路径呈东海—长江中下游—青藏高原南侧—孟加拉湾—南海—低纬西太平洋水气流“气旋”式“相关链”结构(图6b中的虚线箭头所示)。上述结论进一步从水汽收支定量分析角度揭示了徐祥德、陶诗言等^[10]提出的季风梅雨带整层水汽输送遥相关模型物理图像。

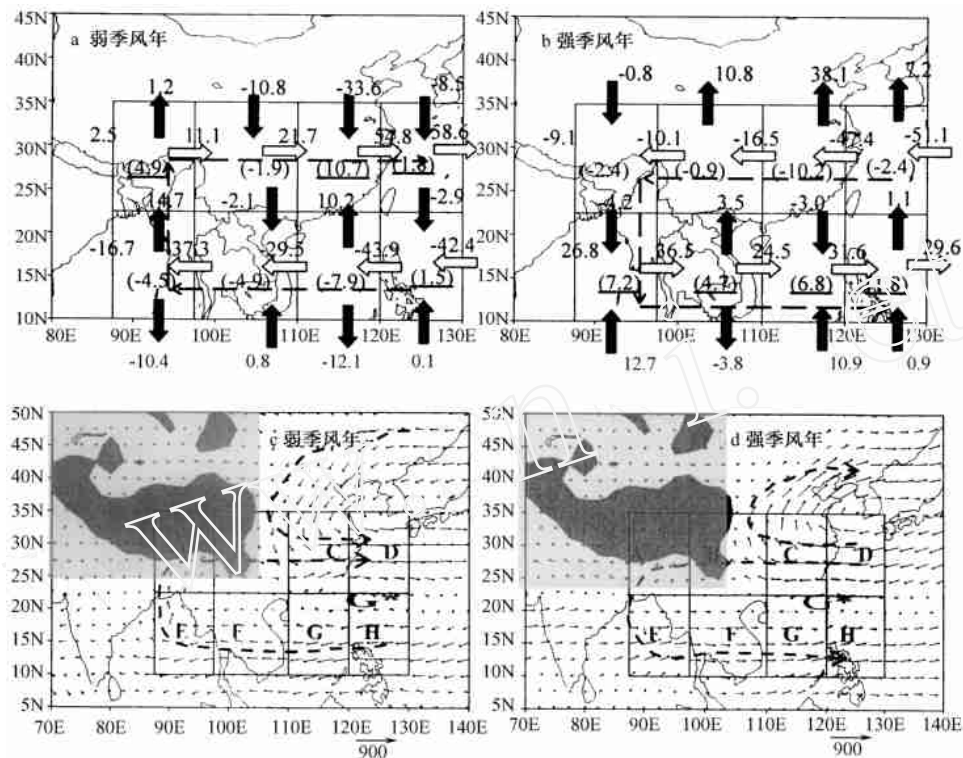


图6 东亚夏季风弱、强年夏季中低纬间整层水汽收支距平(a、b)(单位: 10^6 kg s^{-1})及水汽输送通量距平(c、d)(单位: $\text{g cm}^{-1} \text{ s}^{-1}$)。其中a、b中箭头为箱格网侧边界水汽流向,c、d中虚线连线及箭头为水汽输送通量(距平)矢量场主体流型(浅色阴影G*区为副高变化显著区,深色阴影代表 $> 2000 \text{ m}$ 的地形)

4 季风变化与水汽输送年际变化趋势

大量的研究揭示了,1976年前后大气环流场和北太平洋海温场均发生了突变^[14~16]。1976年以后,亚洲中高纬地区经向环流异常显著,来自高纬地区的东亚异常偏北气流可以抵达孟加拉湾、大洋洲西北部和中西太平洋,夏季西太平洋副高强度偏强,位置偏南。最近的研究也表明^[17,18],20世纪中期以来,许多环流指数和东亚夏季风出现了突变或明显减弱,一次发生在60年代中期,另一次明显的减弱出现在70年代中期,此后东亚夏季风一直维持偏弱状态。由东亚夏季风强、弱年典型样本年的总体状况可见,60、70年代强季风年偏多,80、90年代弱季风年偏多。对于上述东亚夏季风变化背景下,中低纬间东西向水汽输送的年代际变化特征尚不清楚。本文采用副高变化显著区(G*区)500hPa高度距平年际变化序列与图5中纬正相关显著区($25^{\circ} \sim 30^{\circ} \text{ N}$, $110^{\circ} \sim 130^{\circ} \text{ E}$)、低纬负相关显著区($10^{\circ} \sim 20^{\circ} \text{ N}$, $90^{\circ} \sim 130^{\circ} \text{ E}$)纬向水汽输送分量 Q_u 序列分别作11年滑动平均处理,进一步分析其变化趋势(图7)。由图7可发现,

副高变化显著区 (G^* 区) 高度呈显著的年际变化上升趋势, 图 7a 中纬 ($25^{\circ} \sim 30^{\circ} \text{N}$) 整层水汽 Q_u 分量呈“降后升”的年际变化趋势, 即在 80 年代以后上升趋势显著, 亦即 80 年代后中纬偏西水汽输送呈增强趋势; 由图 7b 可发现, 低纬 ($10^{\circ} \sim 20^{\circ} \text{N}$) 整层水汽输送 Q_u 分量呈“升后降”的年际变化趋势, 即 80 年代后呈下降趋势, 亦即 80 年代后低纬偏东水汽输送呈增强趋势。从 20 世纪 90 年代与 80 年代中低纬间夏季整层纬向水汽输送的偏差场可发现, 90 年代较 80 年代长江中下游及以南地区的中纬地区呈偏西水汽输送增强, 低纬西太平洋—南海地区则呈偏东水汽输送增强 (图 8a)。上述分析结论表明, 中低纬间季风水汽输送相关链的年代际变化特征显著, 且与 90 年代较 80 年代长江中下游及其以南地区夏季降水偏多的年代际分布特征变化趋势相吻合, 亦即与中国南涝北旱的降水分布形势相一致 (图 8b)。

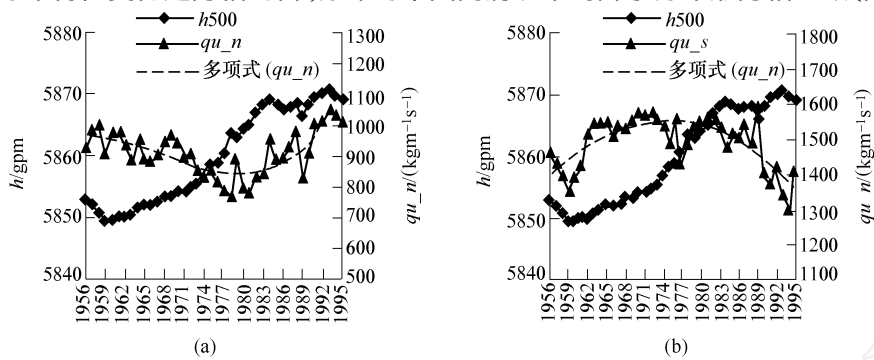


图 7 副高变化显著区 500hPa 高度序列与中纬 (a)、低纬 (b) 整层水汽输送 Q_u 分量的年际变化, 其中 $h500$ 为高度序列, qu_n 为中纬 ($25^{\circ} \sim 30^{\circ} \text{N}$) Q_u 序列, qu_s 为低纬 ($10^{\circ} \sim 20^{\circ} \text{N}$) Q_u 序列

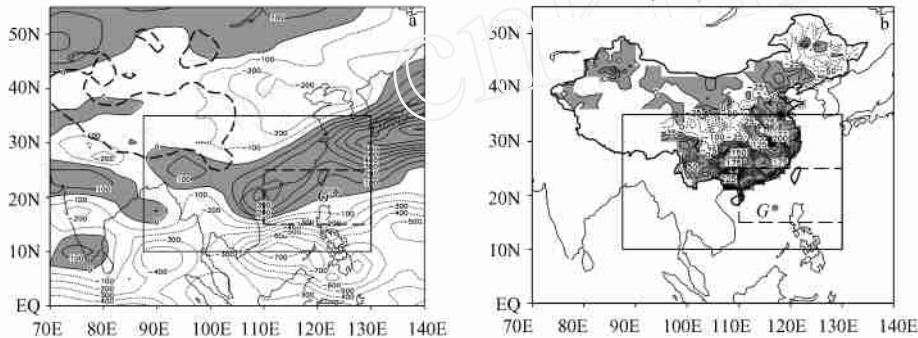


图 8 90 年代与 80 年代东亚地区夏季整层水汽输送纬向分量 Q_u (a, 单位: $\text{gcm}^{-1}\text{s}^{-1}$) 及中国区域夏季降水量的年代际偏差场 (b, 单位: mm), 图中实线方框为箱格网区域, 虚线方框为副高变化显著区 (G^*)

由上述计算分析结果可发现, 在中低纬西太平洋 - 南海副高变化显著区 500hPa 高度呈增强趋势及东亚夏季风变弱的背景下, 本文有关中低纬间“反气旋”流型水汽输送相关链呈年代际增强趋势, 且中低纬间水汽输送相关链对长江中下游流域夏季降水量的增加有利。

5 中低纬间水汽输送相关链的综合模型

本文分析表明, 中低纬西太平洋—南海副高变化显著区高度及位置的变化, 引起东亚夏季风环流的变化, 从而引起季风水汽输送的显著变化, 进而导致长江中下游旱涝异常。通过关键区箱格网水汽收支分析可描述出长江中下游旱涝年中低纬间水汽输送相关链特征及其变化趋势, 研究结果揭示出在东亚夏季风弱 (强) 特征背景下, 长江中下游流域涝 (旱) 年, 副高变化显著区南北两侧中低纬间整层水汽输送距平场箱格网区侧边界呈反气旋 (气旋) 式遥相关结构, 且 80 ~ 90 年代, 在东亚夏季风变弱的背景下中低纬间东西向互为反向的水汽输送流型呈增强趋势, 且对应于中国东部夏季降水南涝北旱分布型年代际变化趋势。水汽输送相关链特征及其变化趋势表明, 副高变化显著区环流结构及其中低纬间水汽通

量距平场流型是研究长江中下游洪涝成因不可忽视的因素,两者构成了如图 9 所示的物理图像。

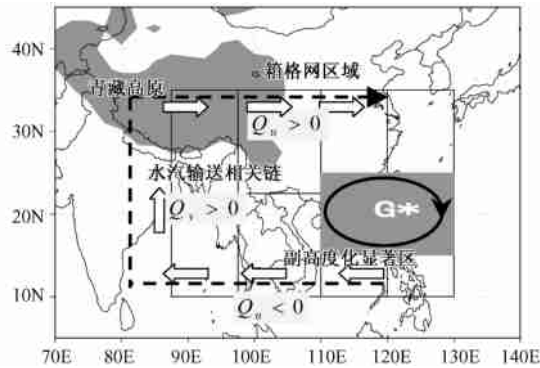


图 9 长江中下游涝年副高异变化显著区环流结构及箱格网中低纬间水汽通量距平场“相关链”示意
其中箭头为水汽输送箱格网侧边界流型相关链主体流向, G^* 为副高变化显著区

本文主要从大气水分循环的角度探讨了长江中下游旱涝异常水汽输送结构特征及其变化趋势,为长江流域洪涝灾害预报提供一定的气候背景,当然要做好长江流域的洪涝预报还需要结合多方面的工作,比如水文方面的日海地新关系动力水文学长期预报原理方法^[19]等等。

6 结论

采用箱格网整层水汽净收支及其边界流定量综合分析技术方案,研究长江中下游旱涝年中低纬间水汽输送结构及其年代际变化趋势特征,得到了如下主要结论:(1)发现了中低纬西太平洋—南海区域存在副高变化显著区,即长江中下游流域旱、涝异常 500hPa 高度正偏差显著区,该区 500hPa 高度年际变化与东亚夏季风强弱及中低纬间季风水汽输送结构特征以及长江中下游夏季降水密切相关。(2)在东亚夏季风弱(强)背景下,长江中下游涝(旱)年夏季中低纬间“箱格网”水汽收支距平呈反气旋(气旋)式水汽输送“相关链”结构。(3)在 80~90 年代,东亚夏季风减弱背景下中低纬间水汽输送“相关链”反气旋“流型特征更为显著,其与中国东部夏季降水南涝北旱年代际变化趋势一致。

参 考 文 献:

- [1] 陶诗言,李吉顺,王昂生. 东亚季风与我国洪涝灾害[J]. 中国减灾,1997,7(4):17-24.
- [2] 张庆云,陶诗言,张顺利. 夏季长江流域暴雨洪涝灾害的天气气候条件[J]. 大气科学,2003,27(6):1018-1030.
- [3] 黄荣辉,周连童. 我国重大气候灾害特征、形成机理及预测研究[J]. 自然灾害报,2002,11(1):1-9.
- [4] 王东兴,陶诗言. 北半球夏季 110°E 越赤道气流的结构及其与台风活动的关系[J]. 大气科学,1984,8(4):443-449.
- [5] 王会军. 东亚季风年际变化的模拟[A]. 见:国家自然科学基金委员会编. 现代大气科学前沿与展望[C]. 北京:气象出版社,1996. 56-58.
- [6] 吴国雄,丑纪范,刘屹岷,等. 副热带高压形成和变异的动力学问题[M]. 北京:科学出版社,2002.
- [7] 陶诗言,张庆云,张顺利. 夏季北太平洋副热带高压系统的活动[J]. 气象学报,2001,59(6):747-758.
- [8] 陶诗言,朱文妹,赵卫. 论梅雨的年际变异[J]. 大气科学,1988,(特刊):13-21.
- [9] 徐祥德,陶诗言,王继志,等. 青藏高原—季风水汽输送“大三角形”影响域特征与中国区域旱涝异常的关系[J]. 气象学报,2002,60(3):257-266.
- [10] 徐祥德,陈联寿,王秀荣,等. 长江流域梅雨带水汽输送源—汇结构[J]. 科学通报[J]. 2003,48(21):2288-2294.
- [11] 丁一汇. 天气动力学中的诊断分析方法[M]. 北京:科学出版社,1989.
- [12] 孙秀荣,陈隆勋,何金海. 东亚海陆热力差指数及其与环流和降水的年际变化关系[J]. 气象学报,2002,60

(2):164 - 172.

- [13] 张庆云,陶诗言,陈烈庭. 东亚夏季风指数的年际变化与东亚大气环流[J]. 气象学报,2003,61(4):559 - 568.
- [14] Nitta T, Yamada S. Recent warming of tropical sea surface temperature and its relationship to the northern hemisphere circulation[J]. J Meteor Soc Japan, 1989, 67: 375 - 383.
- [15] 王邵武,朱锦红. 几个方兴未艾的气候问题[J]. 应用气象学报,1999,10(增刊):104 - 113.
- [16] 李崇银,李桂龙,龙振夏. 中国气候年代际变化的大气环流形式对比分析[J]. 应用气象学报,1999,10(增刊): 1 - 8.
- [17] 施能,朱乾根,吴彬贵. 近40年东亚季风及我国夏季大尺度天气气候异常[J]. 大气科学,1996,20(5):575 - 583.
- [18] 郭其蕴,蔡静宁,劭雪梅,等. 东亚夏季风的年代际变率对中国气候的影响[J]. 地理学报,2003,58(4):569 - 576.
- [19] 刘清仁. 1999年长江嫩江洪水预报与背景分析[J]. 水利学报,2001,(1):81 - 84.

Characteristics of moisture transport in middle and lower reaches of Yangtze River and its variation trend

SHI Xiao-ying^{1,2}, XU Xiang-de¹, WANG Hao³, QIN Da-yong³

(1. Chinese Academy of Meteorological Sciences, Beijing 100081, China;

2. Graduate School of the Chinese Academy of Sciences, Beijing 100039, China;

3. China Institute of Water Resources and Hydropower Research, Beijing 100044, China)

Abstract: The structure of vapor transport and its decadal variation trend in the middle and lower reaches of Yangtze River in the processes of drought or flooding are studied by means of comprehensive analysis on whole layer moisture net budget and boundary flow of box-web structure in atmosphere. It is found that there is a region with significant varying subtropical high pressure in West Pacific and South China Sea, which is located at low latitude area. The annual variation of the high pressure is closely related to the East Asian summer monsoon water vapor transport structure in mid-low latitude area and precipitation in middle and lower reaches of Yangtze River. The analysis result of the deviation from average of whole layer vapor transport budget on boundaries of box structure at low-mid latitude for weak or strong monsoon shows that an anticyclone or a cyclone type of vapor transport relation chain structure will appear correspondingly. The analysis also shows that the anticyclone type vapor transport correlation characteristic is obvious in 1980s to 1990s, in this period the summer monsoon is comparatively weakened. This tendency is consistent with the precipitation variation in these two decades.

Key words: drought; flood and logging; subtropical high pressure; variation; vapor transportation; middle and lower reaches of Yangtze River

(责任编辑:吕斌秀)